

Автоматизація та моделювання технологічних процесів

УДК 621.183: 697

Ю.В. Білявський, аспірант КНУБА

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОНАСОСІВ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ МІСТ УКРАЇНИ

Проблема експериментального дослідження електронасосів має велике значення для визначення ефективності використання їх та намітити шлях та методи вибору електросилового обладнання і елементів автоматики [1, 2, 4].

Проаналізувавши дослідження та публікації [1, 3, 8, 9], автор роботи зрозумів, що параметри насосно-силового обладнання (Q, H, P, η, I) часто не відповідають параметрам джерел цільового продукту (ЦП), в результаті чого вони працюють в низькоефективних режимах, що значно підвищує вартість підйому води, питомі втрати електроенергії, кількість недоотримання ЦП від джерел його в процесі експлуатації та ін.

Вказана проблема в містах України до цього часу не знайшла ще свого розв'язування. На дослідження такого характеру автор даної роботи вперше звертає увагу і результати робіт в цьому напрямку тільки починаються запроваджуватися. Інші ж методи вирішення цієї проблеми, запропоновані багатьма авторами, мають низку недоліків – громіздкість розрахунків; неможливість порівняння; визначення кількості типорозмірів електронасосів для обирання найбільш оптимальних, з точки зору, величини подачі ЦП; затрати електроенергії; низькі ККД, коефіцієнт потужності тощо, а також значна тривалість часу для підготовки даних для розрахунків [5, 7].

На підприємствах водопровідного господарства, що експлуатують електронасоси та насосно-силове обладнання, останні працюють далеко не в оптимальних режимах, з низьким ККД, тому основною ціллю даної статті є дослідження низки енергетичних характеристик електронасосів, за допомогою виготовленого стенду, для з'ясування ефективності роботи електронасосів ЕЦВ [2].

Основними характеристиками електронасосів є енергетичні ($Q=f(H)$) ($Q=f(P)$, $Q=f(\eta)$).

Характеристики насосу $Q=f(I)$ – залежність між подачею води та навантаженням по силі струму в паспортах електронасосів згідно ГОСТ та технічних умов не вказуються. Але вони є суттєвими в умовах експлуатації.

Для кожної потужності електродвигуна насоса існує своє значення величини сили струму ($I_{\text{ном}}$), при якому забезпечується номінальна подача води ($Q_{\text{ном}}$), номінальний напір ($H_{\text{ном}}$), при яких найбільш раціонально використовується потужність електродвигуна насоса.

$$I_{\text{ном}} = f(P, Q, H), \quad (1)$$

Навантаження на величину сили струму в процесі експлуатації ($I_{\text{факт}}$) не повинно перевищувати величину номінального струму, тобто $I_{\text{факт}} < I_{\text{ном}}$.

Для кожної потужності електродвигуна насоса існує єдине значення величини сили номінального струму, $I_{\text{ном}}$.

Наприклад, для зануреного електронасоса ЕЦВ 10-63-10 потужність електродвигуна складає $P=32\text{кВт}$, величина сили струму $I_{\text{ном}}=66\text{ А}$, для електродвигуна насоса ЕЦВ 10-63-150, $I_{\text{ном}}=92,5\text{ А}$ [6].



Для встановлення співвідношень між подачею води Q , напором H , що розвивається електронасосом та величиною сили струму I , використовуємо дані (табл. 1), які отримані при випробуваннях на дослідному стенді електрозануреного електронасоса марки ЕЦВ10-63-150.

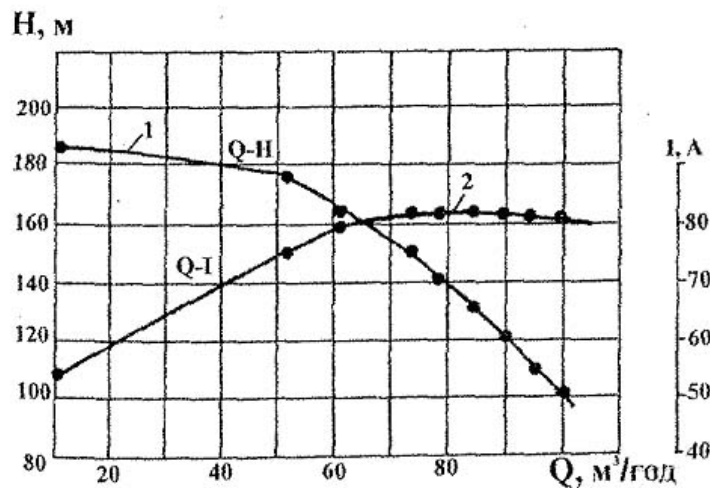
Таблиця 1. Технічні дані випробовуваних насосів ЕЦВ

Тип агрегату	Номинальна подача води, м ³ /год	Номинальний напір, м	Потужність електродвигуна, кВт	Номинальна сила струму, А	Тип електродвигуна
ЭЦВ 8-25-100	25	100	11	24,8	АДП 180-п/2
ЭЦВ 8-25-150	25	150	16	35,6	6ПЭДВ16-180
ЭЦВ 8-40-180	40	180	32	66,0	ПЭДВ32-180
ЭЦВ 10-63-110	63	110	32	66,0	ПЭДВ32-219

На основі даних стендового випробування дослідження електронасоса ЕЦВ (табл. 2) приведемо графік (рис. 1).

Таблиця 2. Характеристики випробувань електрозаглибленого насоса ЕЦВ 10-63-150, № 2794

Подача Q , м ³ /год	Напір H , м	Сила струму I , А
0	186	54
41,9	179	75
51,4	160	80
65,4	150	82
69,2	140	83
75,0	130	83
80,0	120	83
85,6	110	82
90,0	100	82
90,0	90	82

Рис.1. Графічні характеристики випробувань електрозаглибленого насоса ЕЦВ 10-63-150: 1—характеристика $Q-H$ електронасоса; 2 – характеристика $Q-I$ електронасоса

Як видно з табл.1. та рис.1 максимальне значення величини фактичної сили струму при подачі води та напорі електронасоса близькі до номінальних значень $Q=55,4\dots 69,2$ м³/год; $H=140-150$ м, при цьому $I_{\text{макс}}=83$ А при $I_{\text{ном}}=92,5$ А, тобто має місце деякий запас. Однак, при зношенні електронасоса фактична величина сили струму $I_{\text{факт}}$ підвищується, наближуючись до значення величини номінальної сили струму $I_{\text{ном}}$.

Слід мати на увазі, що завод-виробник гарантує нормальну роботу електронасоса не менше 6300 годин, а також строк гарантії 12 місяців з дня отримання системою водопостачання. Для гарантійного напрацювання у межах строку гарантії при номінальних значеннях подачі води, допустиме зниження напору, що визначається ГОСТ 10428-71* не більше 9%, а значення фактичного коефіцієнту корисної дії не більше 7%. Крім того, завод-виробник також інформує, що характеристики електронасосів не мають великої точності. Практика експлуатації артезіанських електронасосів в м. Київ, Прилуки, Ново-Волинське, Сімферополь, Херсон, Луцьк тощо підтверджує це і дозволяє сказати, що найбільш суттєвими для підприємств водопровідного господарства є гідравлічні $Q = f(H)$ та енергетичні $Q = f(I)$, $\eta = f(Q)$, $P = f(Q)$ характеристики. У межах робочої зони ці характеристики повинні відповідати максимальному значенню ККД. Ці характеристики повинні бути чіткими та ефективно використовуватися при підбиранні електронасосів, особливо при експлуатації АСУ ТП. Лише в цьому випадку можна забезпечити ефективну роботу електронасосних агрегатів та всього обладнання системи водопостачання. Однак, дуже часто, паспортні характеристики не відповідають фактичним, і тому враховуючи вище відмічене, особливо в умовах розробки та експлуатації, роль експериментальної перевірки, випробування та дослідження має суттєве значення. Вище, в табл.1, були показані результати таких досліджень, а в табл. 2, табл.3 та табл.4 приведені результати досліджень електронасосів, технічні характеристики яких приведені в табл.2. Вони та подібні рекомендуються для встановлення на масових станціях м. Сімферополь [2,5,6]. На рис. 1-5 показані напірно-витратні характеристики вказаних електронасосів.

При відповідних значеннях подачі води насосом (Q) були зняті на стенді і побудовані графік фактичних енергетичних характеристик насосів ($Q-I$). Завод-виробник таких характеристик не приводить. На графіки були нанесені величини номінальної сили струму для кожної потужності електродвигуна.

Таблиця 3. Характеристики випробування насоса ЭЦВ 8-40-180

Дата випробування	Марка насоса, інвентарний номер	Напір, H , м	Подача води Q , м ³ /год	Сила струму I , А
08.02.1999р.	№ 2962	234	0	48,0
		220	15,0	55,0
		210	22,0	57,0
		200	28,3	61,0
		190	34,0	63,5
		180	40,0	65,0
		170	44,3	65,5
		160	48,0	66,0
		150	52,1	65,0
		140	55,0	65,0

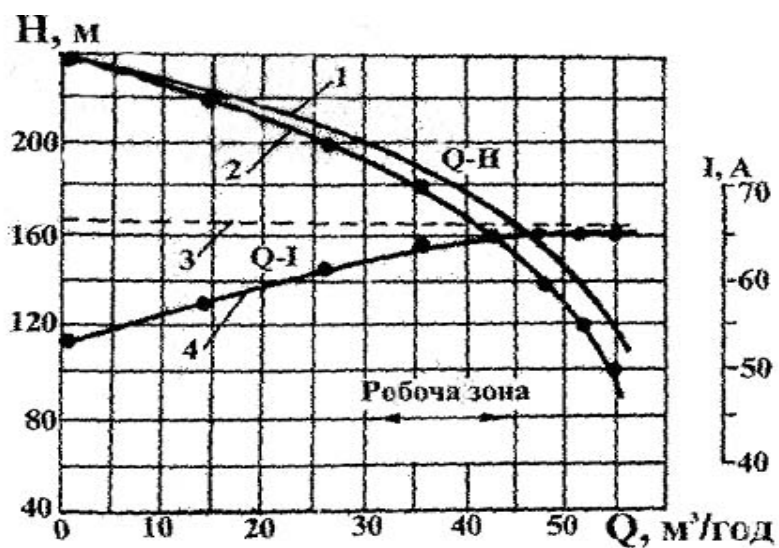


Рис.2. Характеристики насоса 1 ЭЦВ 8-25-100: энергетичні ($Q-H$):
1 – паспортна; 2 – фактична ($Q-I$); 3 – допустима сила струму; 4 – фактична

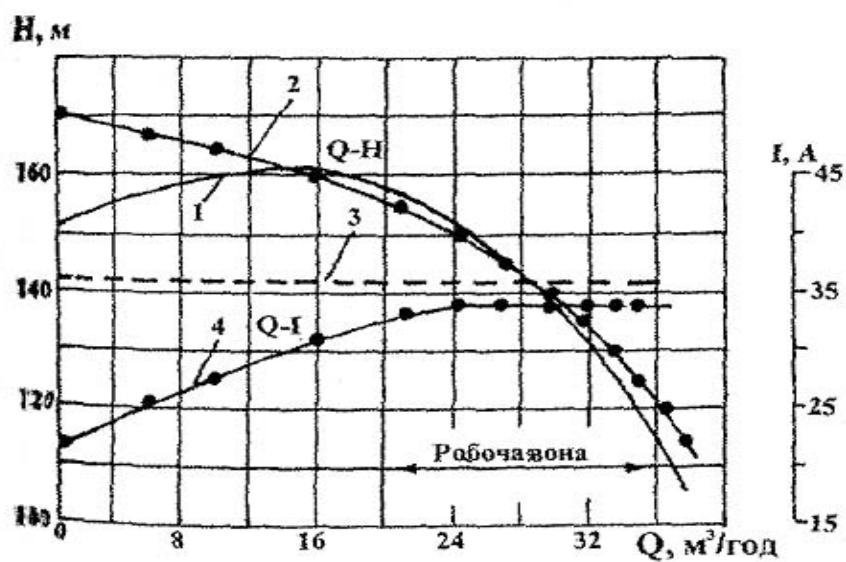


Рис.3. Характеристики насоса 1 ЭЦВ 8-25-100: энергетичні ($Q-H$):
1 – паспортна; 2 – фактична ($Q-I$); 3 – допустима сила струму; 4 – фактична

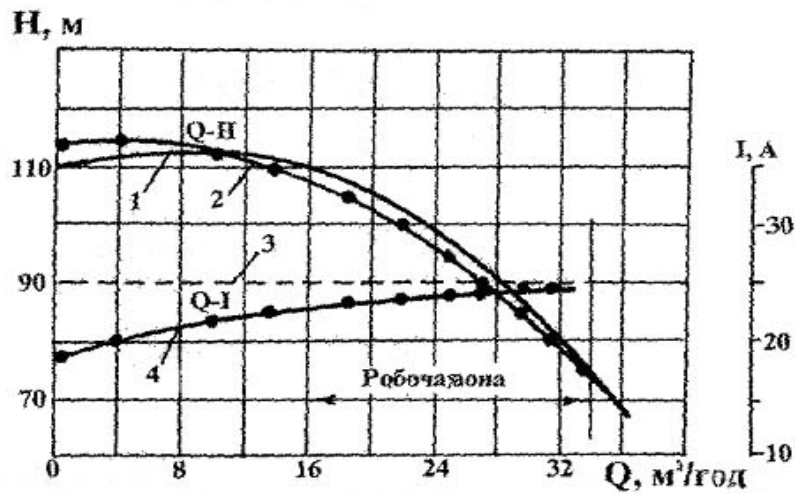


Рис.4. Характеристики насоса 2 ЭЦВ 8-25-150: енергетичні ($Q-H$):
1 – паспортна; 2 – фактична ($Q-I$); 3 – допустима сила струму; 4 – фактична

Таким же чином, досліджені і інші електронасоси, що приведені нижче, і їх досліджені характеристики.

Користуючись приведеною методикою досліджень на дослідному стенді вибрані і відцентрові насоси, що забирають воду з водосховищ. Технічні характеристики приведені у табл. 4 та 5, а енергетичні характеристики приведені на рис.5.

Таблиця 4. Технічні характеристики насосів насосної станції підйому (НС-II)

№ п/п	Марка насоса	Подача, м ³ /год	Напір, м	Потужність електро-двигуна, кВт	Частота обертання, об/хв	ККД, %	Допустима висота всмоктування, м	Число робочих коліс
1	Д1250-65	1000	44	200	1480	86	6	1
2	Д1000-40	1000	44	160	985	87	5	1
рекомендується до встановлення (додатково)								
3	Д1250-65	1250	57	250	1450	86	6,5	1

Таблиця 5 Технічні характеристики насосів насосної станції III підйому (з РЧВ)

№ п/п	Марка насоса	Подача, м ³ /год	Напір, м	Потужність електро-двигуна, кВт	Частота обертання, об/хв	ККД, %	Допустима висота всмоктування, м	Число робочих коліс
1	Д1250-65	1150	57	250	1450	86	6,5	1
2	Д1250-65	1150	57	250	1450	86	6,5	1
3	Д1250-65	1250	65	320	1480	86	7	1

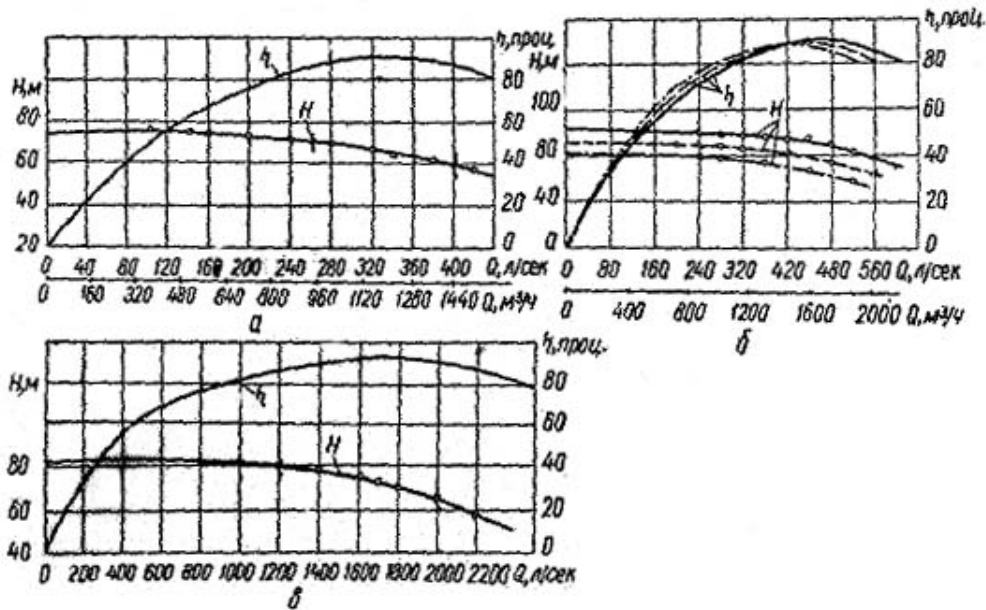


Рис.5. Моделювання енергетичних характеристик відцентрових насосів, встановлених на НС-I, НС-II та НС-III підйомів системи водопостачання м. Сімферополь:
 а – для насоса Д 1000-65; б – для насоса Д 1000-40 при різних діаметрах коліс; в – для насоса Д 1250-65

Аналіз експериментальних дослідів енергетичних характеристик електронасосів паспортних (заводських) та порівняння їх з фактичними свідчить про те, що в межах робочої зони при визначній подачі води Q м³/год фактична втрата відрізняється (зменшується) на 10% від паспортної. При цьому фактичні сила струму, потужність, коефіцієнт потужності ($\cos\phi$), ККД (η) теж зменшуються при експлуатації.

Одержавши точні експериментальні дані, можна, користуючись ПЕОМ, підвищити точність автоматизованих розрахунків мереж (точніше провести так звану "узв'язку" ТС), більше навантажити електродвигун, збільшивши силу струму, активну потужність, $\cos\phi$ та ККД при використанні регулюючих органів (РО) в умовах функціонування АСУ ТП.

Пошук шляхів автоматизованого методу підбирання електронасосів призвів до необхідності розробки алгоритмів, математичного та програмного забезпечення по підбору електронасосів на ПЕОМ [7,10].

Вихідні дані для автоматизації на ПЕОМ вибору електронасосів.

В основу розробки алгоритмів, математичного та програмного забезпечення індивідуального підбору на ПЕОМ насосів ЕЦВ покладені гідравлічні методи.

Для розробки та впровадження у виробництво автоматизованого методу підбору електронасосів необхідно мати:

Оперативне проведення вимірювань статичних та динамічних рівнів свердловин та їх дебіт, який відповідає вимірюванням.

Математичну модель розрахунку максимально допустимого та розрахункового зниження динамічних рівнів води в свердловинах.

Автоматизований розрахунок втрат напорів в трубопроводах від будь-якої свердловини до РЧВ заданої схеми водоводів;

Характеристики електронасосів ЕЦВ на основі стендових досліджень ($Q-H, Q-P, Q-\eta, Q-I$) в табличній формі з переведенням їх в аналітичні вирази вигляду $Q = f(H, P, I, \eta)$.

Дослідження по визначенню характеристик та розробки методики з вибору електронасосів на ПЕОМ проводились на протязі двох років і за цей час відпрацьовано пакет прикладних програм. Що стосується проведення дослідів по визначенню

характеристик підземних джерел, потрібних для підбору електронасосів за допомогою портативного ехолота "Скорпіон" [2,3].

Математичне забезпечення, алгоритм та програма підбору на ПЕОМ електронасосів.

Робоча програма по підборі електронасосів з використанням ПЕОМ побудована на основі математичного забезпечення та алгоритмів [7,11].

Алгоритм при цьому повинен задовольняти 3-м властивостям:

1 – масовості, тобто можливості вирішення багатьох однотипових задач;
2 – результативності – при будь-якому по'єднанні вихідних даних повинен бути отриманий необхідний результат;

3 – визначеності, що припускає різні тлумачення.

У відповідності з рисунками та додатками, для підбору електронасоса на ПЕОМ, необхідно виконати ряд послідовних задач:

Надати опис характеристики джерела ЦП у вигляді математичної моделі в загальному вигляді.

Виразити величину максимально допустимого зниження рівня води у джерелі ($S_{\text{доп}}$) більш математичною моделлю.

Визначити межі можливого розрахункового рівня води в джерелі останнього $S_{\text{розр}} \leq S_{\text{доп}}$.

В координатній системі $Q-H-S$ врахувати відстань від статичного рівня води в джерелі H до поверхні землі $H_{\text{пз}}$, а також величину статичного напору в системі, $H_{\text{ст}}$.

Описати математичною моделлю загального вигляду втрати напорів в системі трубопроводів від гирла джерела ЦП до РЧВ, ΔH .

Описати математичною моделлю загального вигляду суму гідравлічних характеристик джерела ЦП (свердловини) та напірного трубопроводу, $(S+\Delta H)$.

Описати математичною моделлю в загальному вигляді характеристику електронасоса ЕЦВ.

Висновки:

1. За участю автора роботи, вперше, для експериментальних випробувань та досліджень електронасосів ЕЦВ виготовлено стенд, на якому проведено низку енергетичних характеристик $Q = f(I)$, $Q = f(P)$, $Q = f(\eta)$, $P = f(I)$, тощо електронасосів.

2. Результати досліджень на дослідному стенді показали, що паспортні (заводські) енергетичні характеристики електронасосів не відповідають фактичним при їх експлуатації.

Електронасоси не довантажені. Тому, використовуючи регулюючі пристрої та схеми автоматики є необхідність підвищити ефективність насосів і їх електродвигунів, підвищити їх навантаження (I), а отже активну потужність, що дасть можливість збільшити коефіцієнт потужності ($\cos\phi$), що характеризує якість використання електричної енергії і відповідно – коефіцієнт корисної дії η .

3. Вперше розроблені математична модель електронасосу, алгоритм та програма по вибору його на ПЕОМ.

4. Виконано математичне моделювання насосно-силового обладнання і основних величин, що його характеризують, що дало можливість визначити ефективність використання електронасосів і намітити шлях та методи вибору електросилового обладнання і елементів автоматики.

5. Вперше розроблено методику та приведено приклади підбору на ПЕОМ електронасосів.

Література

1. Белозеров Н.П., Луговский М.В. Расчет систем водоснабжения с применением вычислительной техники. – М.: Колос, 1973. – 200 с.



2. Григоровский Е.П., Соколов В.А. Автоматизация проектирования и выбор оптимальных режимов работы системы водоснабжения г.Симферополь. – Деп. в УкрНИИТИ № 78023532, УДК 628.175, 1983. – 140 с.
3. Григоровский Е.П., Вязун С.К. Электропривод современных насосных станций// Водоснабжение и сантехника. – 1985. – № 12.– 26 с.
4. Григоровский Е.П., Кривда Н. Автоматизированная система прикладных программ для решения на ЭВМ задач сетевых систем// Водоснабжение и сантехника. – 1986. – 80 с.
5. Справочник по автоматизированному электроприводу/ Елисеев В.А., Шипянский А.В. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 432 с.
6. Турк В.И., Минаев А.В., Карелин В.Я. Насосы и насосные станции. – М: Стройиздат, 1977. – 286 с.
7. Narendra K.S., Parthasarathy K. Identification and control of dynamical
8. System using neural networks // IEEE Trans, on Neur. Net. – 1990. – vol.1. – N1. – P.4-27.
9. Schaffer J.D., Whitley D., Eshelman L.J. Combinations of Genetic Algorithms and Neural Networks: A Survey of the State of the Art // In: Procs. Of the Int. Workshop on Combinations of Genetic Algorithms and Neural Networks (Eds. L.D. Whitley, J.D. Schaffer). – Baltimore, Mary-land, 1992. – P.1-37.
10. Shier D.A. Iterative Methods for Determining the K Shortest Paths in a Network// Networks. – 1976. – vol. 6. – P.205-230.